

Optische Messungen an thermisch vorgespannten Gläsern im Hinblick auf die Flächenfestigkeit, die Kantenfestigkeit und die Festigkeit im Bereich der Lochränder bei punktgestützten Glasscheiben

T 2877

T 2877

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1999, ISBN 3-8167-5447-3

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

Forschungsnehmer:
Lehrstuhl für Stahlbau
Prof. Dr.-Ing. G. Sedlacek
RWTH Aachen

Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen
Tel.:0241 - 80 51 77
Fax.:0241 - 8888 - 140
Bearbeitung: Dipl.-Ing. W. Laufs

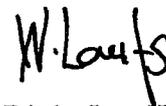
Schlußbericht

Titel Forschungsvorhaben IV 1-5-870/98:

Optische Messungen an thermisch vorgespannten Gläsern im Hinblick auf die Flächenfestigkeit, die Kantenfestigkeit und die Festigkeit im Bereich der Lochränder bei punktgestützten Glasscheiben

Gliederung:

- 1 Zielsetzung**
- 2 Grundlagen zur thermisch eingepprägten Vorspannung**
- 3 Probenmaterial**
- 4 Meßergebnisse Plattenfläche**
- 5 Meßergebnisse Plattenkante (Zone 2)**
- 6 Meßergebnisse zylindrische Plattenbohrung (Zone 4)**
- 7 Meßergebnisse konische Plattenbohrung (Zone 4)**
- 8 Streulichtmessungen Plattenkante (Zone 2)**
- 9 Bewertung der Meßergebnisse**
- 10 Zusammenfassung und Ausblick**



Dipl.- Ing. W. Laufs
Aachen, den 30.11.1998

1 Zielsetzung

Thermisch vorgespannte Gläser haben den Einsatz von Glas als konstruktiven Baustoff entscheidend erweitert. Thermisch vorgespannten Glasbauteilen können hohe Lasten zugewiesen werden, die über den Kanten- bzw. Eckbereich der Scheibe oder punktförmig über Lochbohrungen abgetragen werden.

Wesentlich für die Materialfestigkeit der hochfesten Gläser ist die Verteilung der thermisch eingepprägten Vorspannung, deren Größe und Verlauf bisher nur für den Bereich der Plattenfläche (Zone 1) bekannt ist (*siehe Bild 1*). Ziel ist es daher, mittels spannungsoptischer Meßverfahren die Größe und Richtung der thermisch eingepprägten Vorspannung für die Glaskanten (Zone 2) und Lochbohrungen (Zone 4) quantitativ zu bestimmen.

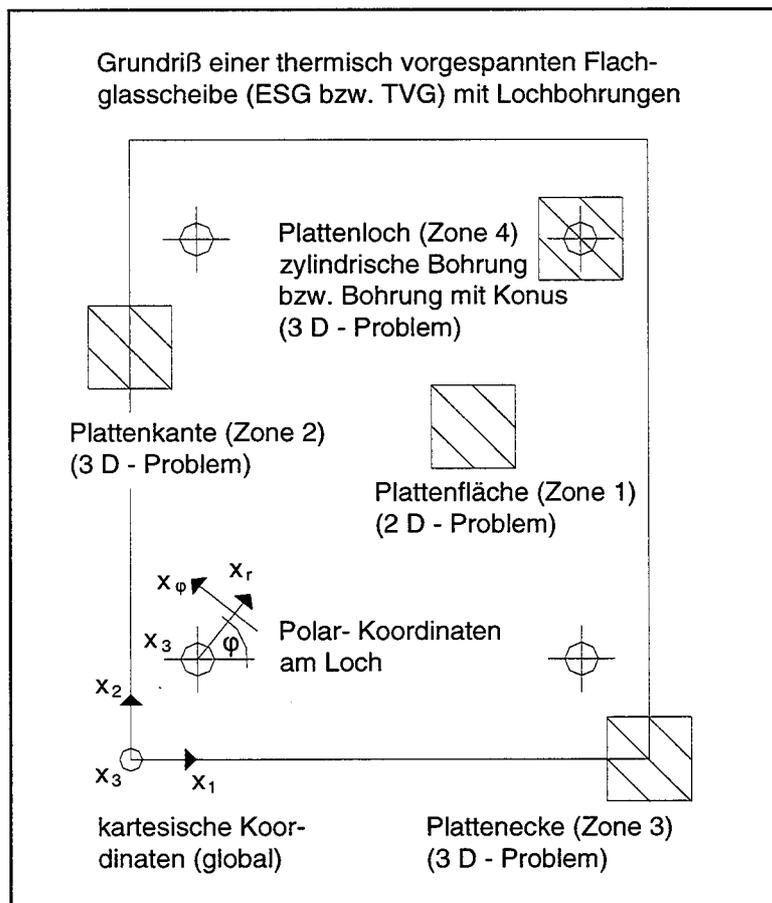


Bild 1: Zonierung einer thermisch vorgespannten Flachglasscheibe

2 Grundlagen zur thermisch eingepägten Vorspannung

Mit den vier Zonen Plattenfläche, Plattenkante, Plattenecke und Plattenloch läßt sich eine thermisch vorgespannte Flachglasscheibe lückenlos beschreiben. Dabei ist gemäß *Bild 2* zu beachten, daß sich je nach Zone die thermisch eingepägten Spannungen dreidimensional verhalten. Die thermisch eingepägte Vorspannung im Glas stellt einen inneren Eigenspannungszustand dar, der sich ohne Einwirkung äußerer Lasten im Gleichgewicht befindet.

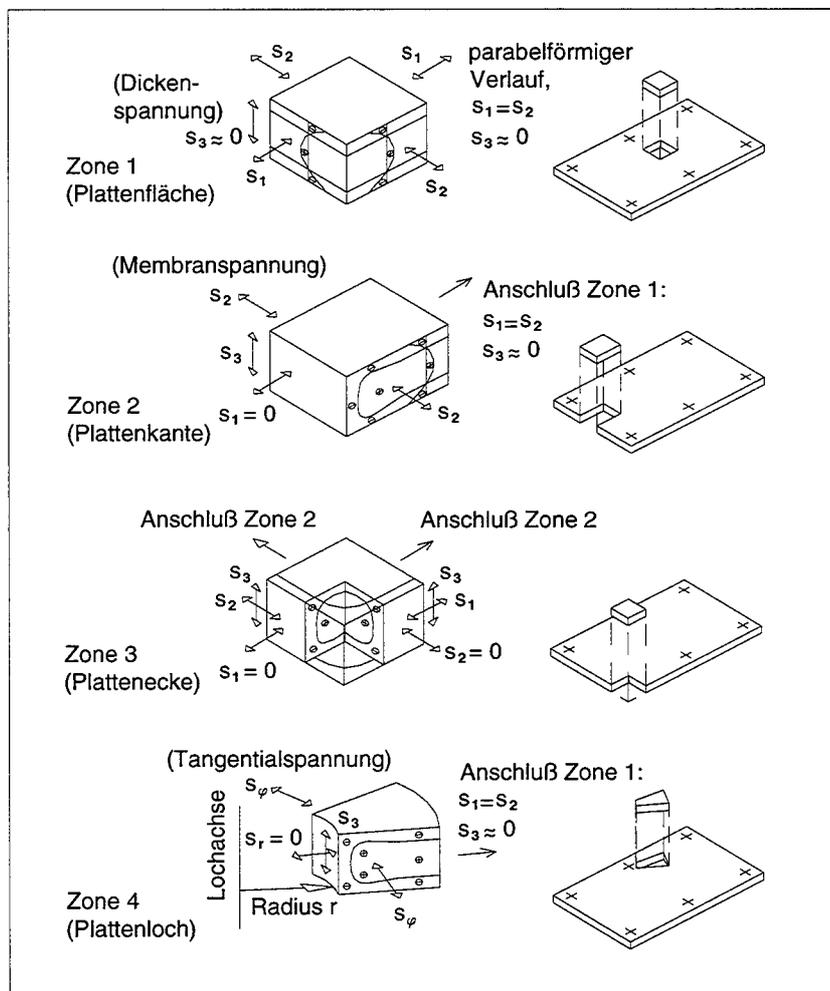


Bild 2: Verteilung der thermisch eingepägten Glasvorspannung für verschiedene Zonen

3 Probenmaterial

Fünf Mitglieder des Arbeitskreises Konstruktiver Glasbau e. V. (FKG), die in der Glasveredelung tätig sind, haben umfangreiches Probenmaterial gemäß *Bild 3* zur Verfügung gestellt. Alle Proben waren vor Vermessung einem Heat- Soak- Test für 8 [h] bei 290 [°C] zu unterziehen. Die Einführung der Glasscheiben in den Vorspannofen wurde gemäß *Bild 4* vorgegeben.

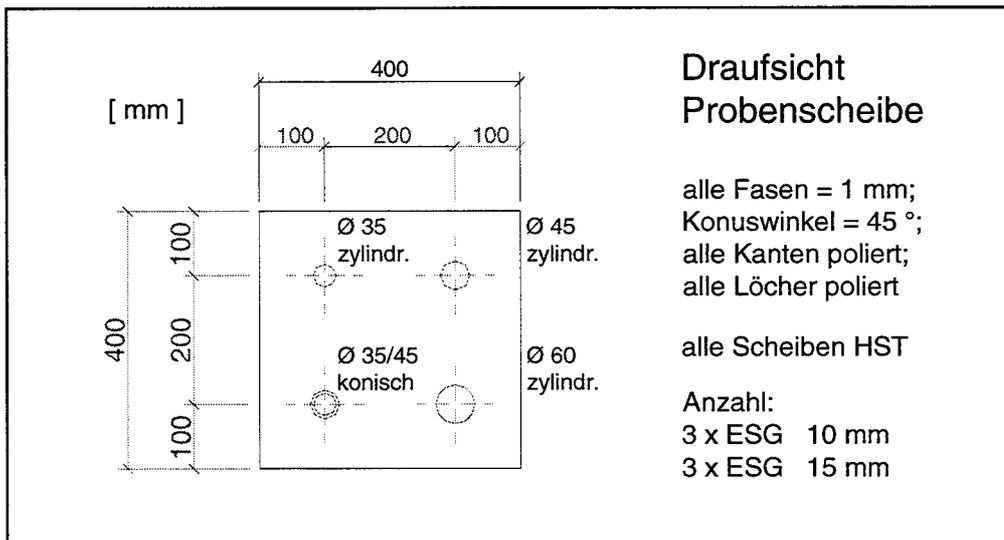


Bild 3: Geometrie und Anzahl der Probenscheiben je Glasveredler

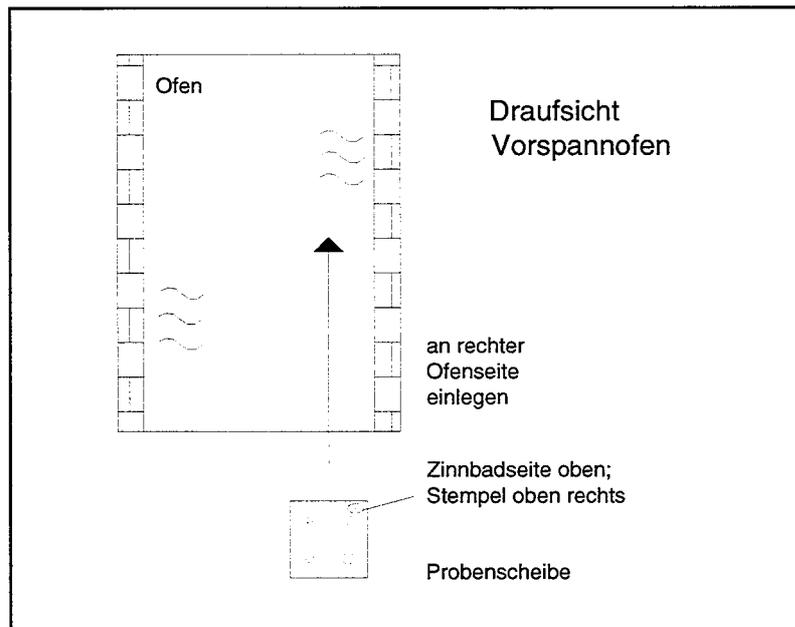
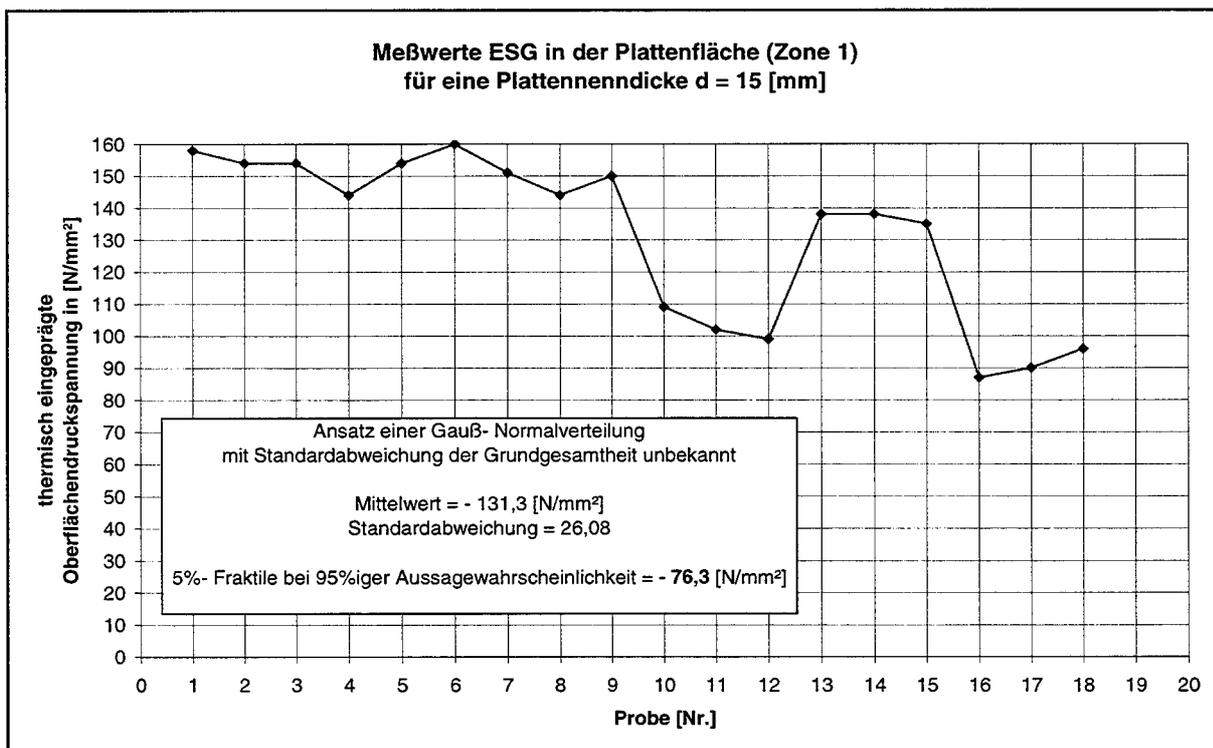
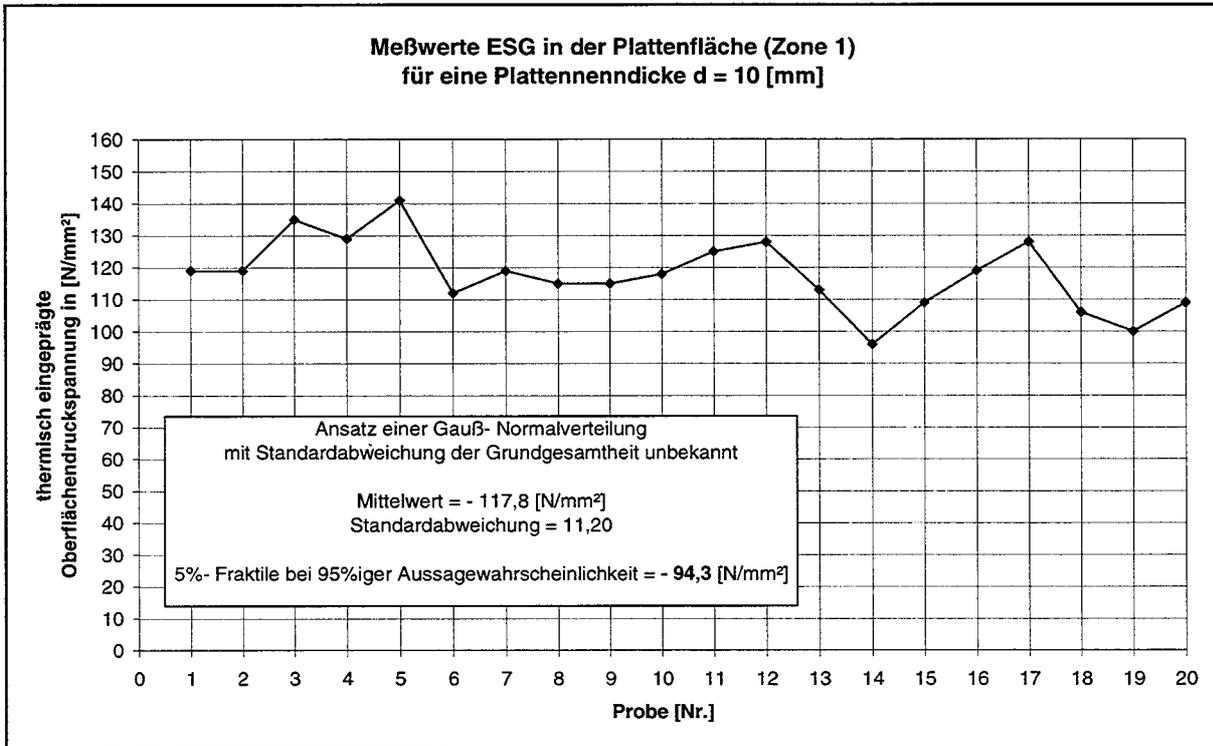
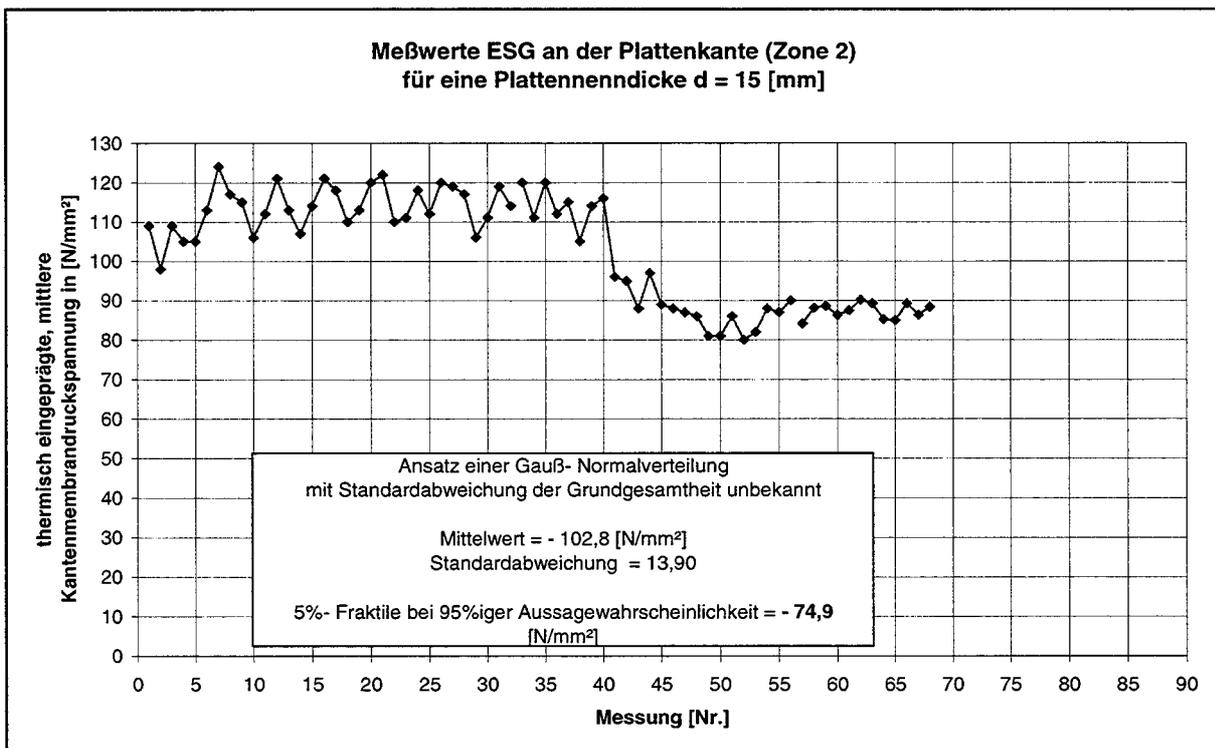
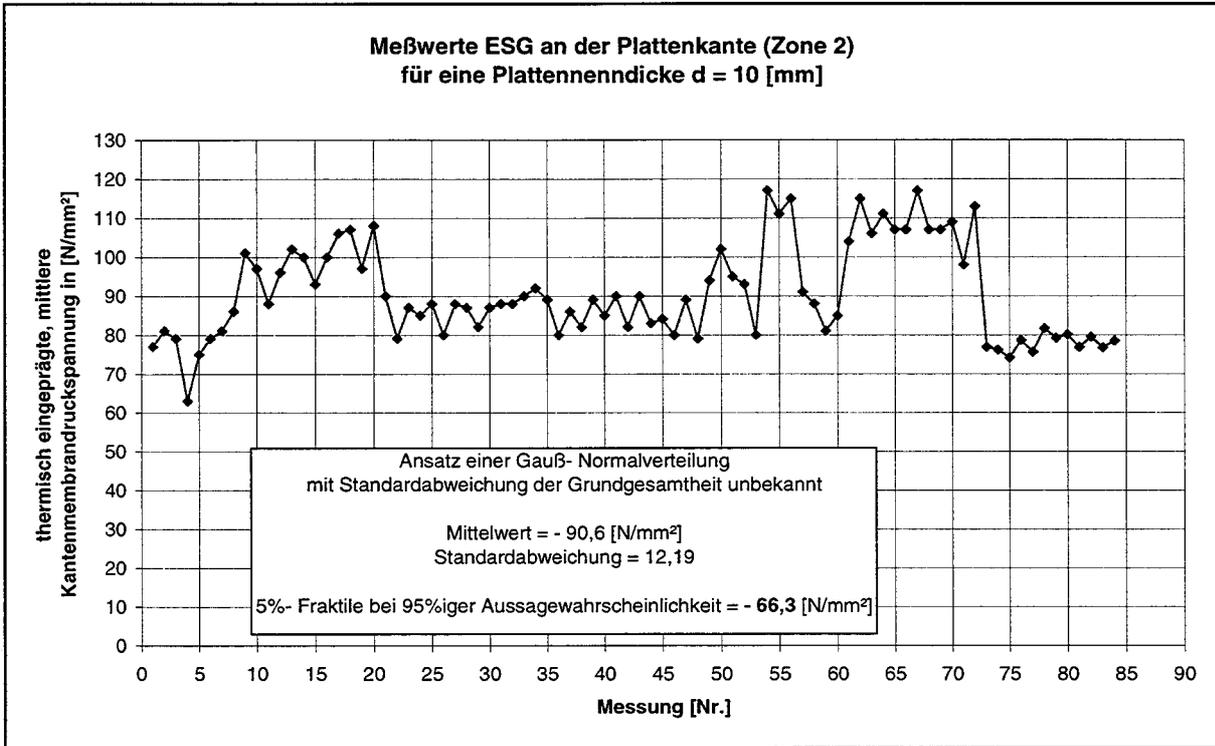


Bild 4: Definition der Einführung der Probenscheiben in den Vorspannofen

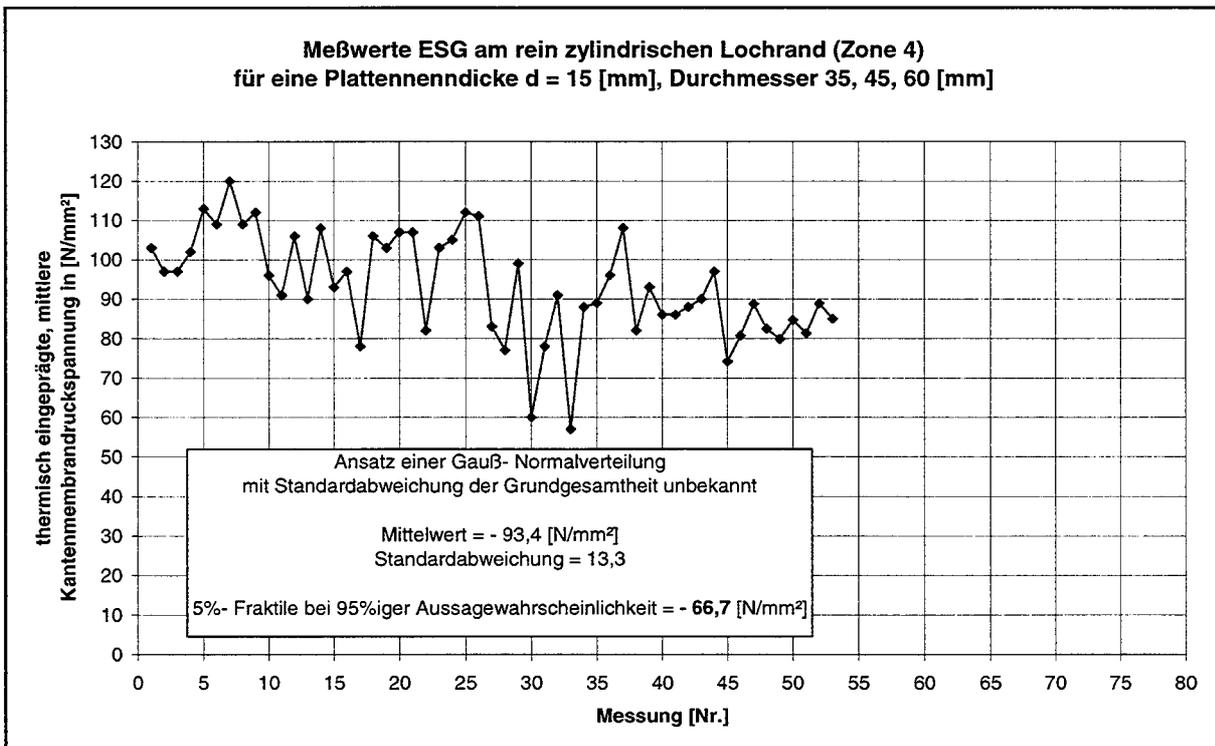
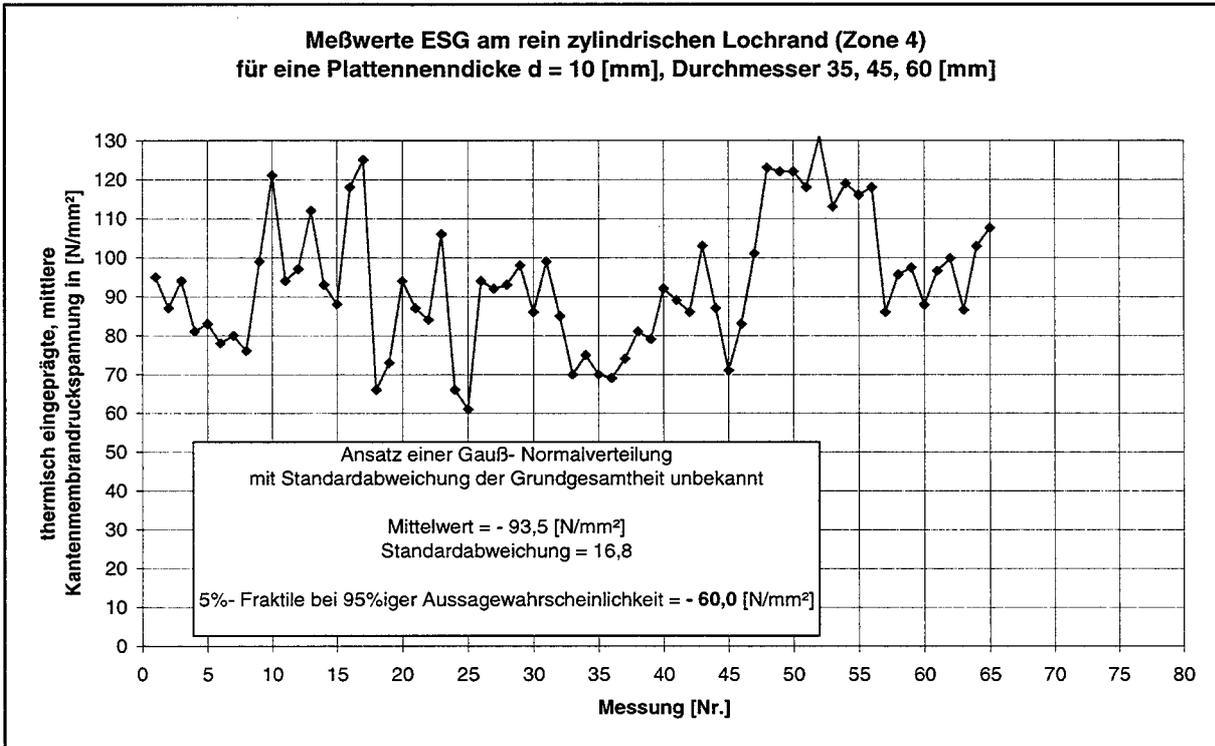
4 Meßergebnisse Plattenfläche



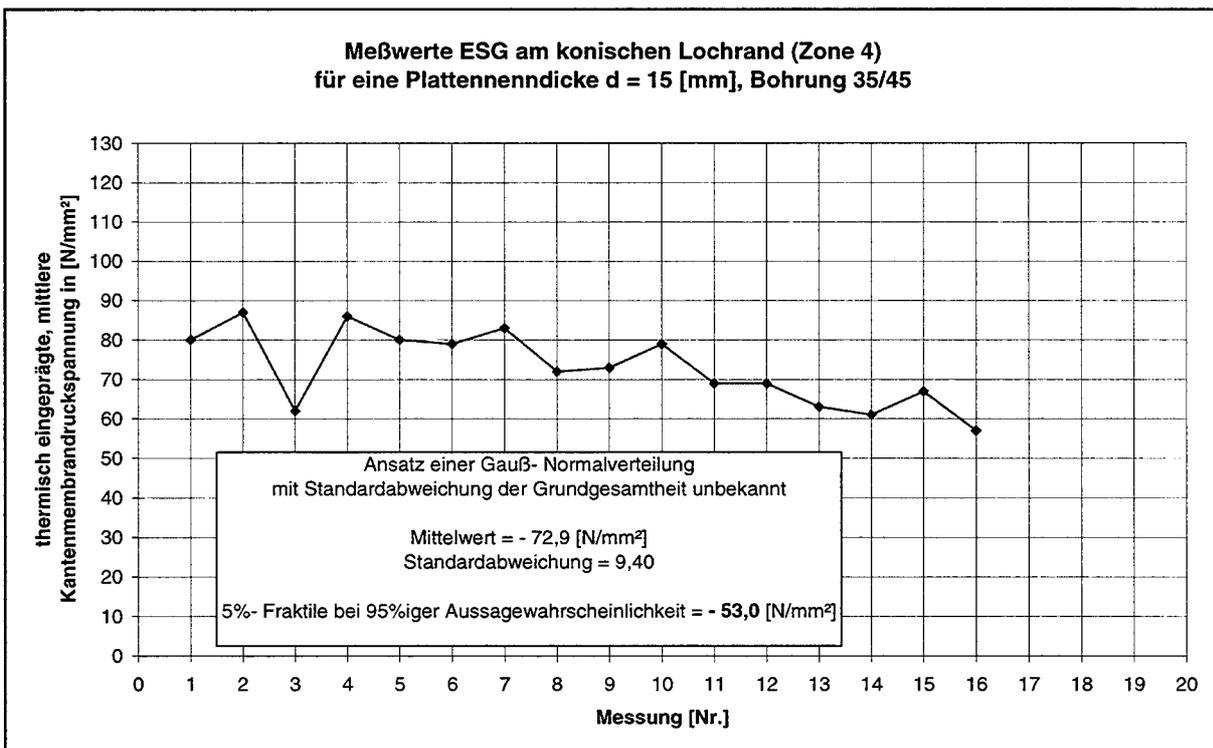
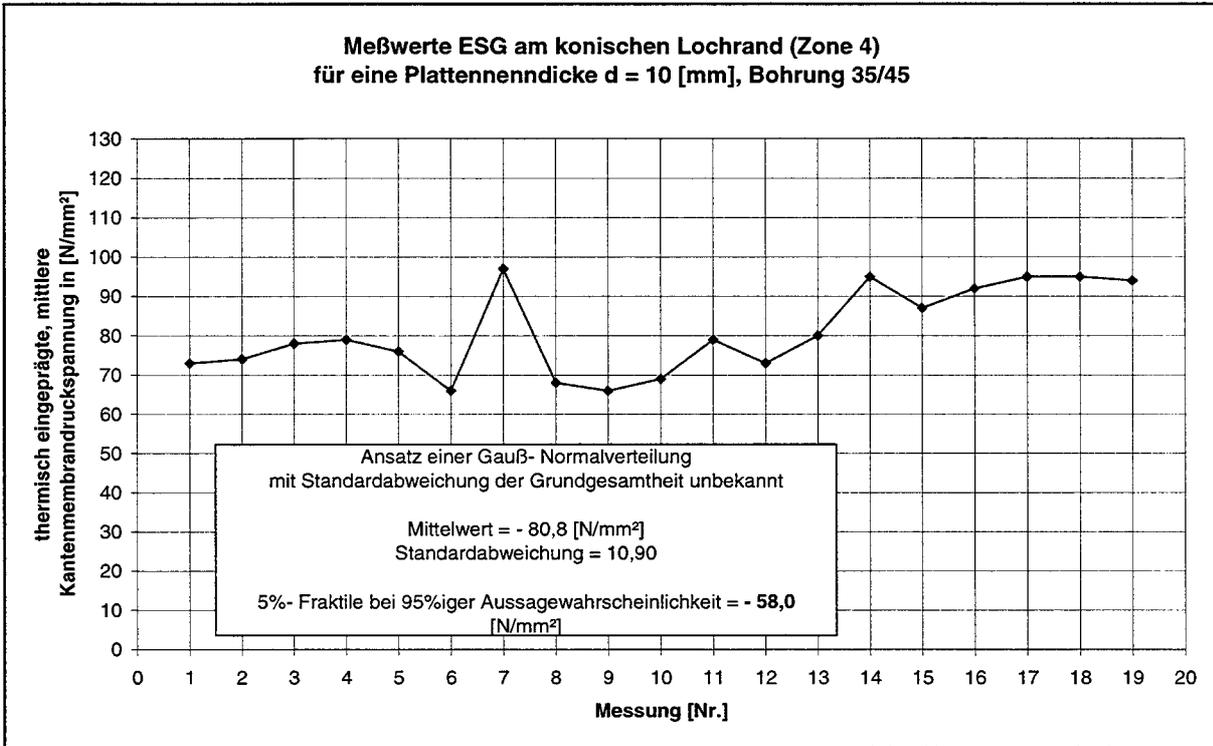
5 Meßergebnisse Plattenkante (Zone 2)



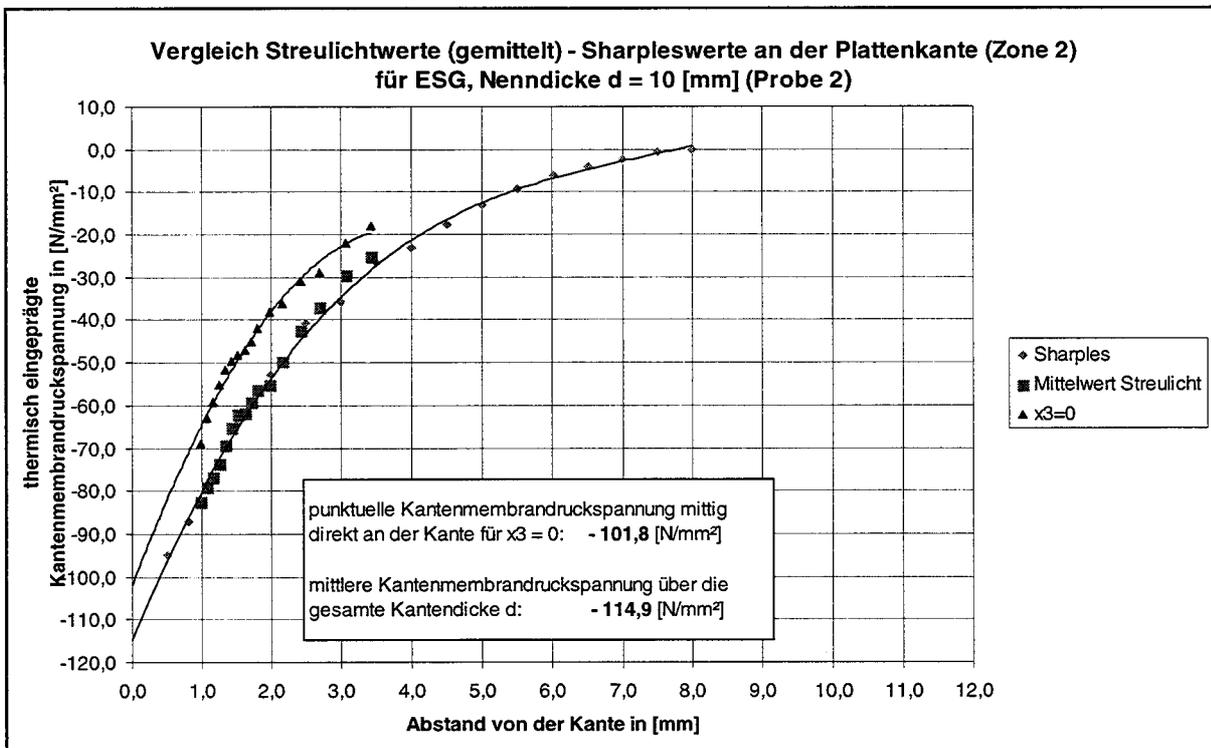
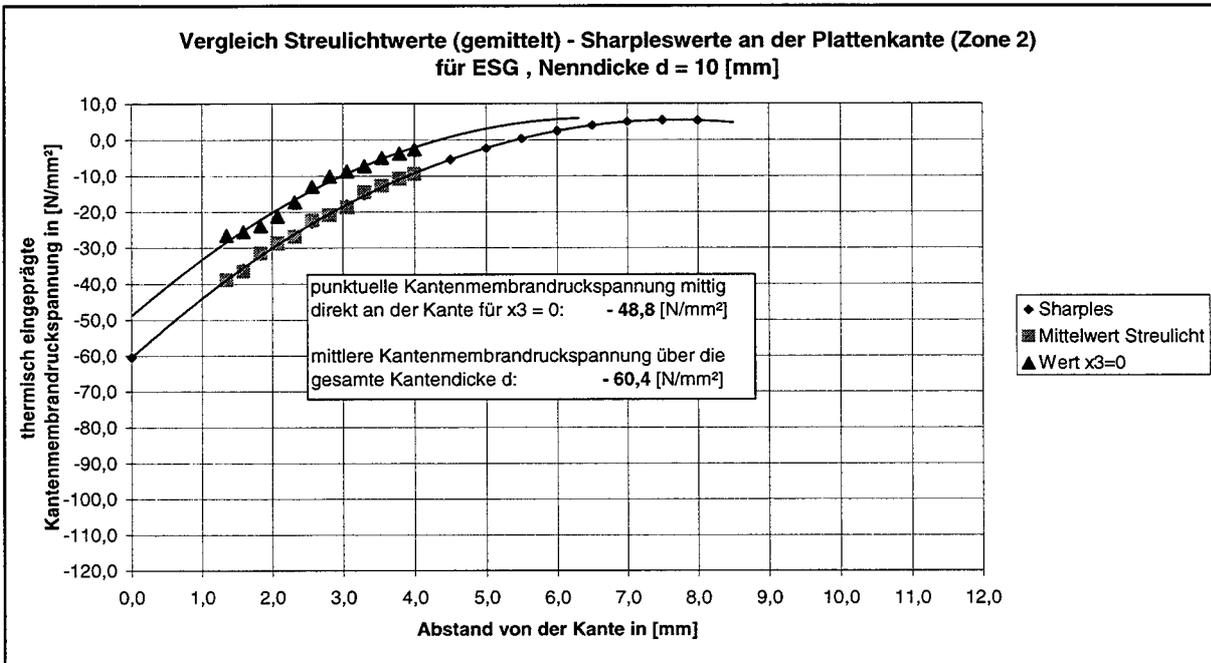
6 Meßergebnisse zylindrische Plattenbohrung (Zone 4)

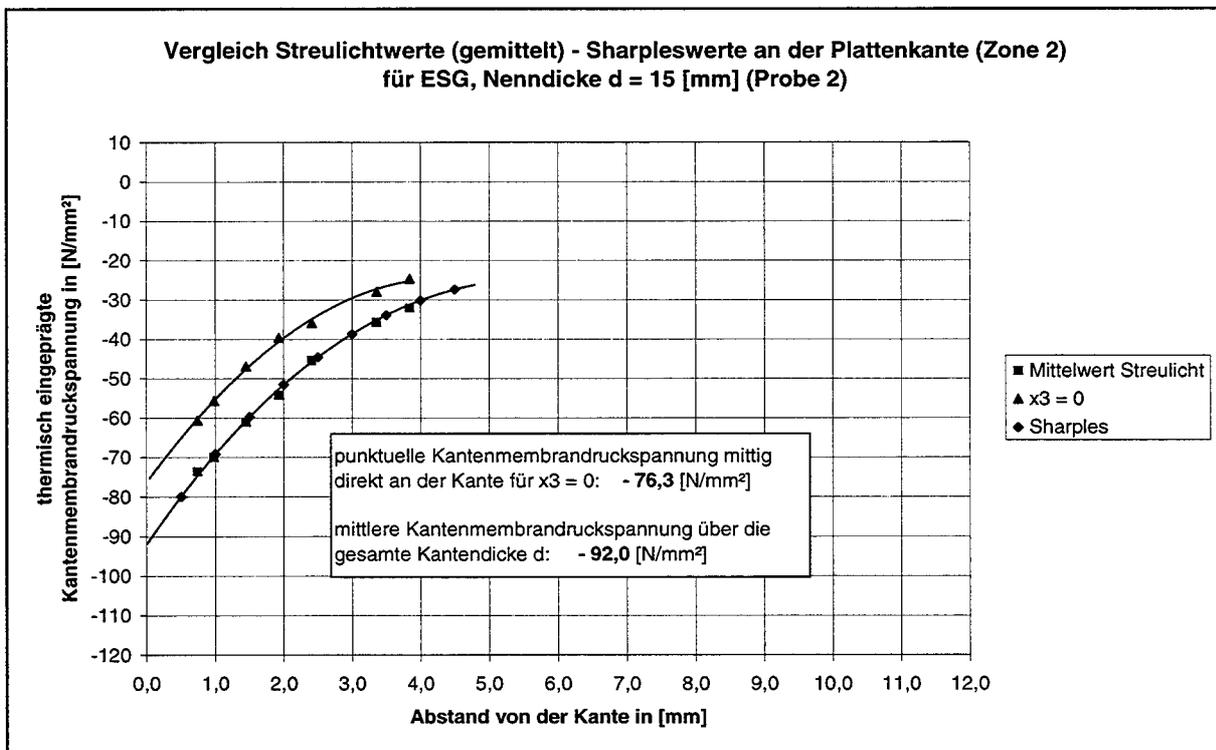
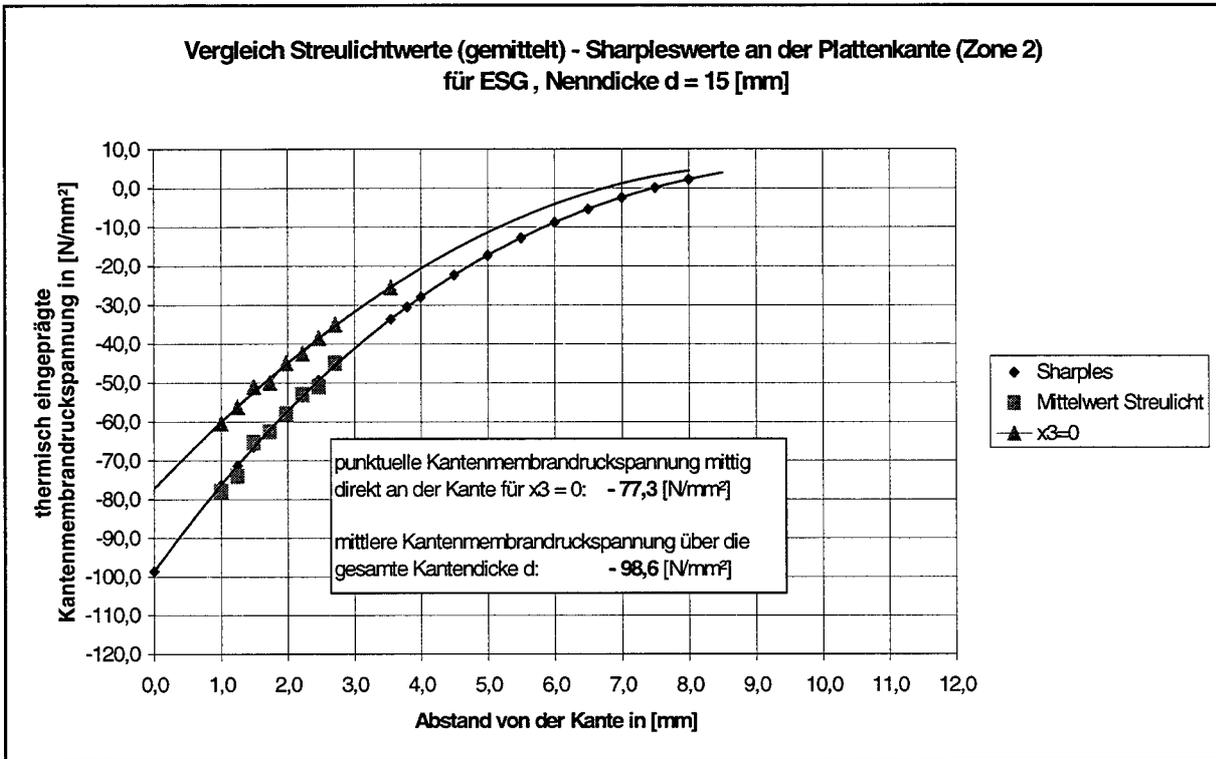


7 Meßergebnisse konische Plattenbohrung (Zone 4)



8 Streulichtmessungen Plattenkante (Zone 2)





9 Bewertung der Meßergebnisse

Bisher wird ESG pauschal bemessen mit $\sigma_{zul} = 50$ [N/mm²]. Es wird nicht unterschieden zwischen Plattenfläche, Plattenkante, Plattenecke und Plattenloch.

Es ist zu diskutieren, für die Zukunft ein Bemessungskonzept zu entwickeln, welches eine thermisch vorgespannte Flachglasscheibe (ESG) in vier verschiedene Festigkeitszonen unterteilt. Aus wissenschaftlicher Sicht sowie aufgrund der Erfahrungen aus Versuchen erscheint eine Zonierung in vier Bereiche sinnvoll, da lokal jeweils unterschiedliche Festigkeiten und Vorspannprofile vorliegen.

Die bisherigen Meßergebnisse zeigen:

- 1) Die Festigkeit aus thermischer Vorspannung in der Plattenfläche ist hoch. Für die Zukunft ist denkbar, mit $\sigma_{zul} > 50$ [N/mm²] für die Plattenfläche (Zone 1) zu bemessen.
- 2) Die mittlere Festigkeit aus thermischer Vorspannung an der Plattenkante ist relativ hoch. Für Biegebeanspruchung scheint $\sigma_{zul} = 50$ [N/mm²] angemessen. Für Beanspruchung aus Lochleibung zeigen die Streulichtmessungen, daß auf Höhe der halben Plattendicke direkt an der Kante die thermisch eingeprägte Vorspannung niedriger ist als an den Oberflächen.
- 3) Die Plattenecke (Zone 3) wurde bisher noch nicht systematisch untersucht. Die Plattenecke geht etwa im Abstand $3d$ (dreifache Plattendicke) in den Bereich der Plattenkante über.
- 4) Für das rein zylindrische Plattenloch (Zone 4) wurde eine thermisch eingeprägte, mittlere Membrandruckspannung gemessen, die in der Größenordnung der Plattenkante liegt. Für Biegebeanspruchung scheint $\sigma_{zul} = 50$ [N/mm²] angemessen. Für Beanspruchung aus Lochleibung zeigen erste Streulichtmessungen, daß auf Höhe der halben Plattendicke direkt an der Kante die thermisch eingeprägte Vorspannung niedriger ist als an den Oberflächen.

Die Größe der Lochbohrungen ($\varnothing 35$, $\varnothing 40$, $\varnothing 45$, $\varnothing 50$, $\varnothing 60$, $\varnothing 70$) hat keinen meßbaren Einfluß auf die thermisch eingeprägte Vorspannung.

- 5) Für das Plattenloch mit Konus (Zone 4) müssen weitere Messungen mittels Streulicht durchgeführt werden, um die lokalen thermisch eingeprägten Vorspannungswerte zu ermitteln.

Die Sharples- Meßwerte sind über die Plattendicke d gemittelte Werte. Die wesentlichen Werte für Biegebeanspruchung liegen nach derzeitigen Erkenntnissen in der Größenordnung der Werte der Plattenfläche. Somit dürfen die Meßwerte nicht direkt als festigkeit interpretiert werden.

- 6) Die Gesamtfestigkeit der vier Bereiche ergibt sich zu:

Gesamtfestigkeit = thermisch eingeprägte Vorspannung + Floateigenfestigkeit

Da die Floateigenfestigkeit spannungsoptisch nicht erfaßt wird, erhöht sich die Festigkeit aller Bereich um ca. 30 - 70 [N/mm²] Floateigenfestigkeit.

10 Zusammenfassung und Ausblick

- 1) Die Messungen in der Plattenfläche (Zone 1) und an der Plattenkante (Zone 2) sind abgeschlossen. In der Plattenfläche könnte die zulässige Spannung erhöht werden.
- 2) Die Messungen für das Plattenloch (Zone 4) werden fortgeführt, um die thermisch eingeprägte Vorspannung für Biege- und Lochleibungsbeanspruchung detailliert zu bestimmen. Lochleibung (z. B. Glasschwerter) ist etwas kritischer als Biegebeanspruchung (z. B. Fassadenscheiben).
- 3) Die Messungen für die Plattenecke (Zone 3) werden 1999 begonnen.
- 4) Es sollten in 1999 Ausreißversuche und Lochleibungsversuche an gebohrten ESG-Scheiben durchgeführt werden, die zuvor spannungsoptisch vermessen und dann geschmirgelt wurden, um die Floateigenfestigkeit stark zu reduzieren.

Das dazu benötigte Probenmaterial sowie die erforderlichen Punkthalter sollten gemeinsam abgestimmt werden. Die Meßergebnisse könnten an Versuchen bestätigt werden.

- 5) Wir bitten um Fortführung des Forschungsvorhabens, um die Meßergebnisse in Hinsicht auf eine technische Richtlinie des DIBt auszuwerten und der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Ein Forschungsantrag wurde beim DIBt unter dem Kurztitel

“Festigkeiten Thermisch vorgespannter Gläser”
(ESG / TVG)

bereits eingereicht.